

# 国外牧草和豆科饲料作物辐射诱变综述

伊 虎 英

(中国科学院西北水土保持研究所)

种草造林是改善黄土高原生态条件,保持水土,实现畜牧业稳定、高速度发展的一项根本措施,也是兴牧促农、治穷致富的重要手段。目前,在辽阔的黄土高原上适宜推广的牧草品种仅有数个,严重地影响了牧草的大量种植。由于黄土高原的气候干旱、严寒,从外地引进的优良牧草不能在此生长繁殖,因而如何选育出具有丰产、抗旱、抗寒、抗病虫害的优质牧草新品种,是目前牧草研究中的一项重要任务。最近几年,国外牧草的辐射育种工作发展较快,许多牧草科学家从本国的生产实践出发,育出了许多优质牧草新品种。为了解决黄土高原的牧草品种问题,促进当地的农林牧全面发展,现将国外的牧草辐射育种的进展情况介绍如下,以供牧草育种工作者参考。

## 一、辐射诱变的进展

利用辐射进行人工诱变,培育牧草和豆科饲料作物新品种,从本世纪三十年代就开始了。1895年伦琴发现了X射线后,就引起了生物学工作者对该射线的极大关注。X射线发现后的第三年,也就是1898年,Shoner第一个研究了X射线对植物有机体的作用,但他选用的材料为饲料作物——燕麦。他用弱剂量照射了燕麦的干种子,并研究了照射量和种子发芽率、发芽势的关系。1927年Muller发现了X射线能使果蝇基因产生突变,他明确指出电离辐射可作为一种诱变因素;几乎在同年,Standler在玉米和大麦中予以证实。1935年Лыков和Краевой获得了豌豆突变体,以后由于二次世界大战,使这些研究几乎都中断或者延缓。直到五十年代,这方面的研究重新开展起来,也受到人们的普遍重视。在生产实践中,美国种植的燕麦受到了秆锈病、冠锈病和长蠕孢病等的威胁,五十年代Konzak等人育出了抗病的燕麦新品种,取得了辐射抗病育种的新成就。1960年,世界上许多国家对辐射育种比较重视,此项研究工作得到了比较迅速的发展。与此同时,牧草和豆科饲料作物也育出了一批新品种。1969年Sigurbjornsson等介绍了世界上用辐射育出的新品种的数目,小麦10个,占22%;水稻4个,占9%;大麦13个,占29%;大豆4个,占9%;菜豆7个,占16%;花生1个占2%。其中燕麦豌豆和胡枝子共是6个,占总数的13.3%。

1978—1979年,联合国粮农组织和国际原子能机构公布了辐射推广的新品种123个,其中粮食作物27个,占22%;经济作物15个,占12%;观赏花65个,占53%;燕麦和牧草及茄类(不包括豆类饲料作物)共育出16个品种,占总数的13%。

截至1981年,国际原子能机构报告的资料和其它文献发表的利用突变育成的新品种,农作物为280个,观赏植物238个,共计518个,涉及到69种作物,牧草的新品种11个,其中不包括燕麦和豆科饲料作物。

从以上资料看出,国际上辐射育种工作发展是很快的,新品种数目年年大幅度增加,牧草和豆科饲料作物突变育成的新品种也不断在增加。尤其在欧美,在印度、日本等国发展较快。

## 二、辐射适宜引变剂量的研究

在牧草辐射育种工作中，采用多大的剂量才能使牧草产生多种多样的变异，是辐射育种的关键问题。一般来说，牧草的突变频率随着剂量的增加而增加，同时对牧草的损伤效应也增加。如果辐射剂量过小，引变效率低；剂量过大，使种子死亡，甚至有的勉强出苗，最终不能成活。如果要对牧草进行辐射引变的研究时，首先要寻找一种适宜的引变剂量。适宜剂量是牧草在辐射处理后，不但要有足够的存活植株，而且能够产生较多数量的变异和变异类型。一般认为，照射后植株成活率在50%以上，不育性低于30%的剂量是比较适宜的。几十年来，国内外在研究牧草和豆科植物的辐射引变过程中，积累了丰富的经验，探索出了许多品种的辐射适宜剂量。

## 三、利用辐射对牧草和饲料作物的性状进行改良

在牧草生产中，培育高产、品质好、抗病和抗逆性强的新品种，这是目前国际上在牧草辐射育种工作中比较重视的问题。

1、**生产能力强**。近年来，在提高牧草产量方面育出了一些新品种和突变体。1971年美国Donelly用热中子处理胡枝子，育出了枝叶幼嫩、生长茂盛的新品种。1979年Malshenko用热中子照射红三叶草的一个晚熟品种，在 $M_2$ 和 $M_3$ 选育出了产草量高的突变体。该突变体在刈割后，能较快的再生。Sancev用 $\gamma$ 射线照射羽扇豆选育出的突变体高产苗壮。

2、**早熟**。有些牧草和豆科饲料作物，经照射后获得提前开花和早熟的新品种。1978年Golovchenko在用 $\gamma$ 射线照射羽扇豆的实验中，获得的突变体比原来的品种提前17天成熟，属于早熟型。Bovtramovich用 $\gamma$ 射线照射白羽扇豆的干种子，选出的新品种比原来的品种早熟10—14天。

3、**种子特性和品质的改良**。Malashenk获得了高蛋白量的红三叶草突变体。有人在羽扇豆中通过诱发突变也育成了高蛋白的新品种。Prasad在1980年用 $\gamma$ 射线和化学诱变剂复合处理草香豌豆，诱变出黑种皮的突变体。

4、**改变体内的化学毒性**。许多野生植物，为了保护自己，在生物进化过程中体内形成了对动物和人类有毒害的物质，以致动物不能食用其叶、种子和其它器官。有人曾经利用常规育种试图获得低毒性的野生型，但至今仅在少数情况下获得成功。从理论上考虑，用突变选育无毒性、食味良好的植物其成功率相当高。目前在这方面的研究中已获得了良好的成就。例如，白花甜三叶草具有一种O—氧代肉桂酸甙，它能转换成香豆素和有毒的抗凝素，1958年Scheibe和Husmann用电离辐射和化学诱变剂处理后，成功的选出了不苦的突变体。在印度一些地区，草香豌豆是作为粮食和饲料被利用的，它含有一种神经性毒素。这种毒性损害儿童的健康和对牲畜带来危害，造成一种称之为羽扇豆中毒的疾病。1969年Swaminathan则介绍了他已成功分离出实际上已除掉了神经毒素 $\beta$ -N-草酰氨基-丙氨酸的突变体；1981年Vilasini在黄羽扇豆中也获得了类似的结果。1976年德国学者Golovchenko用 $\gamma$ 射线照射白羽扇豆，获得的突变体的生物碱含量为0.002%，与对照相比大大降低（对照含量为2.5%）。Sanaev也获得了类似的突变体。但是也有人发现突变种含毒量增高的相反实验。1980年Strautinya用1.7万伦 $\gamma$ 射线照射 $M_1$ 白羽扇豆种子，在 $M_2$ 突变体中植物碱的含量比对照组高的多。在进行无毒性突变育种时，首先要建立一种相当快速的简单的化学分析方法，然后才能进行大量的筛选工作。这种方法要求每株只取数片叶子或半片叶子进行分析，每天可以分析样品1,000株左右，只有这样，才能满足这种大量筛选工作的需要。

5、**抗病虫害**。选用抗病品种是保证牧草高产、提高产品质量、减少农药污染、有利生态平衡和节约能源的防治病虫害的经济有效措施。许多病害，特别是病毒，往往只能靠培育和推广抗病品种，作为防御病害的有效方法。在各种抗病选育方法中，诱发突变育种得到了迅速的发展，因它能诱发出自然界罕见的甚至没有的抗病基因。1954年Konzak诱发出具有抗病的燕麦品种。最近，Burton用9,000拉特 $\gamma$ 射线照射百慕大群岛草Tifway的根茎，选育出Tifway 2，该品种不但生长快，而且提高了抗病性。Debelyi等人用化学药物和射线复合处理羽扇豆，获得的突变体具有抗腐烂病的特点。

6、**适应性的改良（包括耐寒、耐盐碱）**。目前，人们开始用突变育种的方法培育耐寒、耐盐碱的品种。Futrell等人培育出的燕麦新品种，不但含有较高的抗坏血酸，而且具有抗寒性。Zacharias用X射线诱发的大豆突变种，能在4℃萌发，而对照组萌发需要8℃左右。Burton用 $\gamma$ 射线诱发出的百慕大群岛草具有抗寒特性，在春天生长快速。Powell于1978年用X射线照射狗牙根的根茎，选育出抗寒矮型的突变品种。

作物耐盐性系统选择和育种方面的经验十分缺乏，但是有人发现在牧草和豆科植物中在耐盐方面有品种的差异，无疑这一性状有遗传力，这已经在苜蓿和羽扇豆中得到证明。耐盐性突变育种的成果就更少，已见到的仅有我国台湾省的“台南二号”大豆（1962年）生长繁茂，节间短而不裂荚落粒，粒大，酸性碱性土壤中均能栽培。1960年，匈牙利学者Koch用 $\gamma$ 射线照射多变羽扇豆耐盐的品系，结果获得了早熟耐盐性品种，成功的把两个有利的性状结合在一起。

7、**抗籽粒脱落和豆荚碎裂**。Hertzsch（1957）和Wohrmann（1958）分别用X射线处理草芦和看麦娘，获得了抗籽粒脱落和豆荚碎裂的突变体。1978年Debely和Zekunov用 $\gamma$ 射线和化学药物复合处理甜羽扇豆，发现突变体不但有高产，而且具有抗荚破裂的特点。

## 四、辐射诱变规律和机制的研究

1、**提高辐射诱变效率的研究**。如何提高辐射诱变效率，这是目前国际上突变育种中一个非常重要的问题。这些方面的研究已由联合国粮农组织和国际原子能机构分别落实到有关国家的研究单位和高等院校，目前正在分头开展研究，并且取得了一定的成就。1980年印度学者Prasad用 $\gamma$ 射线和化学诱变剂MES处理草香豌豆种子，诱变出具有4茎5叶3花的突变体。而在单独处理中未发现这种变异类型。复合处理和单独处理相比，提高了花粉不育的变异率。Meszaros用中子和 $\gamma$ 射线处理干燥的白三叶草的种子，因化学诱变剂处理第二代获得的突变体含有大的头状花，每个头状花具有250—300个小花，在一个花中曾含有460个小花。印度Nerkar用 $\gamma$ 射线和化学诱变剂处理蓝色草香豌豆，通过诱变频率得到如下的结果：NMU>EMS> $\gamma$ 射线，从 $M_1$ 的损伤效应的结果来看： $\gamma$ 射线>EMS>NMU。

2、**照射剂量和突变频率的关系**。一般来说，牧草的突变频率和照射量之间呈正相关：照射量愈大，突变率愈高；反之突变率愈低。1979年Nerkar用5—10千伦 $\gamma$ 射线照射蓝色草香豌豆，染色体畸变率（包括4价体）随着剂量的增加而增加。1974年Prasad等用X射线照射草芦根尖和苗顶端细胞的染色体畸变率和剂量之间呈指数函数关系，其方程式为 $N_1 = N_0 \cdot e^{-kt}$ 。 $N_1$ 辐射后染色体畸变率， $N_0$ 为照（前未照射）染色体畸变率， $t$ 代表剂量， $e$ 是自然对数， $k$ 是常数。但有些品种的突变率是随着照射量的增加而降低。Tivov用 $\gamma$ 射线照射羊茅草生长6天的幼苗，叶绿体突变和剂量之间呈负相关。用X射线1—5千拉德照射牛尾草种子，用1千拉德照射， $M_2$ 植株的突变的自交结实率为27.1%（对照1.56%），3千拉德是5.2%，5千拉德是3.52%。

3、**种子受照射后，从不同的部位和不同的代数（多年生的牧草）中选取种子，其突变率有所**

不同。Schibe和Micke在草木樨中发现,种子受照射后,基部侧枝的突变率比主茎更高,因主茎在花形成前大量分枝分散了突变率,而在第二季从同一批 $M_1$ 植株上收获的种子不再产生突变体。在1968年Micke在多年生的牧草——看麦娘属的突变实验中作了相应的观察,发现从 $M_1$ 植株上第一次收获的种子产生的突变率最高,而下一年第二代收获的种子中突变率就急剧下降。1981年苏联学者Дебелий强调指出,在春箭舌豌豆和豌豆的试验中,为了增加突变数量,从 $M_1$ 植株低节位上选取种子。这些植株的叶子无叶绿体斑,形态上有差异,在籽粒形状、大小和颜色上均有变化。在这些有变化的植株后代中突变体达12%,而无变化的植株后代其突变体仅有1.5%。

4、**重复照射**。重复照射或对过去已经照射过一次的植物材料在照射后连续几代进行照射,可以提高变异率。1956年Khadr等人介绍,用热中子重复照射的燕麦群体,在数量性状方面表现出比原始群体有更大的变异幅度。但是第二次照射不再引起有第一次照射那么多的变异性。1966年Brock对地下车轴草的群体在一个周期的照射和选择后,再进行第二次照射。在第二次照射后的第一代反应和第一次照射后所观察到的相似。二次照射的种子的第二代在开花方面的变异增加了。Micke在1969年用X射线重复照射草木樨,发现突变比一次照射增加了。突变率增加的原因,是致死突变和半致死突变增加的结果。

5、**利用辐射克服种间杂交不育的研究**。在一些情况下,辐射能克服种间、亚种间甚至品种间的杂交不育。目前的杂交不育的主要障碍,如花期不遇、受精前的障碍(花粉在柱头上不能萌发或花粉管生长不全)和受精后的障碍(合子致死或胚乳以及母体组织机能不全)。Sax曾指出,提前开花是照射刺激的特性之一,这种特性在理论上可用于早熟和晚熟必须杂交的两种植物。Nishiyama等人指出,燕麦和烟草种间杂交时,照射花粉对花粉管生长有刺激作用。Tanaka观察到,被照射的花粉用于杂交时,花柱上合成更大量的植物生长激素。Reusch用 $\gamma$ 射线照射,在黑麦草和羊茅草杂交结实率得到了改进。辐射有可能在无配偶生殖的物种诱发性别,这种诱发出来的性别可能维持若干世代。1961年Julen用X射线照射六月禾,在诱发性别上获得了很好的效果。

6、**不同的倍体对辐射的敏感性是不相同的**。1977年Raghuvanshi,用 $\gamma$ 射线3万伦和5万伦对葫芦巴进行了照射,发现2倍体和同源4倍体对辐射反应是不相同的。同时认为,4倍体中染色体畸变率高是和中期染色体有较大的体积有关。1980年Raghuvanshi等人又进行了类似的研究。1977年印度学者Nerkar对蓝色草香豌豆的辐射细胞遗传学效应进行了研究,染色体断片、桥、断裂随着 $\gamma$ 射线的剂量增加而增加。

## 五、牧草辐射诱变的发展

牧草和豆科饲料作物的诱发突变,除了诱发高产、高蛋白质含量和抗逆性强(抗寒抗旱)等新品种和突变体外,有许多国家和国际性组织开展了抗病和改变体内化学毒性物质的诱发突变育种工作。特别在抗病育种方面,这就显得更加重要。如果在牧区病虫害发展起来,因在牧草生长期一方面要喷撒农药防病杀虫,另一方面又要放牧,搞的不好,会引起牲畜中毒,因而培育抗病品种就显得十分重要。

在诱发机理方面的研究,主要围绕提高诱变效率开展工作,特别是用化学药物与 $\gamma$ 射线复合、 $\gamma$ 射线与其它物理因素复合,处理牧草干种子或营养体的研究工作在苏联、美国、印度等国正在进行。

在选用照射材料方面,除照射干种子外,有些研究单位开始注意营养体的辐射诱变研究。

在选用照射源时,愈来愈多的研究开始注意快中子的诱变效率。

目前有人注意用诱变因素处理杂种 $F_1$ 代,可增加突变数和基因重组,克服不良的基因连锁。